

SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

ANAMARIJA PRGIĆ

**USPOREDBA MORFOMETRIJSKIH ODNOSA I INDEKSA KONDICIJE
DAGNJE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819. S
PODRUČJA ROVINJA U SJEVERNOM JADRANU**

ZAVRŠNI RAD

Pula, 2019.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

ANAMARIJA PRGIĆ

**USPOREDBA MORFOMETRIJSKIH ODNOSA I INDEKSA KONDICIJE
DAGNJE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819. S
PODRUČJA ROVINJA U SJEVERNOM JADRANU**

Završni rad

JMBAG: 0303061052, redoviti student

Studijski smjer: Znanost o moru

Predmet: Fiziologija morskih organizama

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Interdisciplinarno

Znanstvena grana: Znanost o moru

Mentor: doc. dr. sc. Ines Kovačić

Pula, 2019.



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana Anamarija Prgić, kandidatkinja za prvostupnicu Znanosti o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Studentica: Anamarija Prgić

U Puli, 20. lipnja 2019. godine



IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, Anamarija Prgić dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom " Usporedba morfometrijskih odnosa i indeksa kondicije dagnje *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. s područja Rovinja u sjevernom Jadranu " koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 20. lipnja 2019. godine

Potpis

ZAHVALA

Veliko hvala mojoj mentorici doc. dr. sc. Ines Kovačić na predloženoj temi, te na ukazanom povjerenju, potpori, pomoći i savjetima koji su mi umnogome olakšali tijekom izrade ovog rada.

Ovim putem, želim izraziti najveću zahvalnost svojim roditeljima jer su mi pružili priliku da se školujem, te na strpljenju i bezuvjetnoj podršci tijekom mog cjelokupnog školovanja

Također od srca zahvaljujem i svojoj sestri Valentini koja je za moje prolaskе na ispitima navijala jednakim entuzijazmom i rezultate iščekivala jednakim strahom kao za svoje vlastite, te za sve razgovore koji su završavali u suzama od smijehа.

I na poslijetku, veliko hvalа svim kolegama i prijateljima koji su korak uz korak prošli samnom na ovom putu dijelili moje muke ali i radosti, te bez kojih bi ovaj rad vjerojatno bio puno ranije gotov.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
1. 1 Mediteranska dagnja - <i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819).....	7
1.1.1 Bioidikatorski organizam.....	9
1.2. Indeks kondicije	10
1.3. Morfometrijski odnosi	10
1.4. Promjene u indeksu kondicije i morfometriji u školjkaša.....	11
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	12
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. Područje istraživanja.....	13
3.2. Uzorkovanje školjkaša	14
3.3. Indeks kondicije	14
3.4. Morfometrijski odnosi	15
3.5. Prikaz rezultata i statistička obrada podataka	16
4. REZULTATI.....	17
4.2. Morfometrijski odnosi u dagnji.....	17
4.3. Usporedba indeksa kondicije dagnji	22
5. RASPRAVA	24
7. SAŽETAK	28
8. ABSTRACT.....	29
9. LITERATURA	30

1. UVOD

1. 1 Mediteranska dagnja - *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

vrsta: *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

porodica: Mytilidae

red: Mytiloida

Razred: Bivalvia

koljeno: Mollusca



Slika 1. Mediteranska dagnja – *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). (izvor: <http://www.kojuribukupiti.org/fish-stories/>)

Mediteranska dagnja *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) je školjkaš tamno modre do crne boje ljuštore, dok je unutrašnja strana blijedo sedefaste boje. Ljuštore dagnji su bilateralno

simetrične trokutastog ili duguljastog oblika sa s prednje strane zašiljenim, a stražnje strane proširenim i ovalnim krajem, te su spojene aduktorom. One često mogu biti prekrivene raznim obraštajem. Na veličinu jedinki uvelike utječu karakteristike samog biotopa. Prosječna veličina do koje jedinke narastu iznosi 5 do 8 cm, a može narasti i do 15 cm. Mediteranska dagnja je gonohorist odnosno vrsta odvojenog spola. Spol jedinki se može odrediti po boji gonada koje se nalaze unutar ljušture. Mužjaci imaju gonade mliječno bijele boje, dok ženke imaju gonade narančasto crvenkaste boje (Bayne 1976). Jedna od važnijih karakteristika dagnje je da formira guste kolonije. Za supstrat se prihvaća bisusnim nitima koje luči pokretno stopalo. Najčešće se pronalazi u zoni plime i oseke, te obalnim područjima iako se rijede mogu naći i u gustim nakupinama na pjeskovitim i muljevitim dnima i do 40m dubine na konopima, plutačama, usidrenim brodovima i drugim raznim predmetima koji se nalaze u morima (Ceccherelli i Rossi 1984). Uobičajeno preferira kamenite ili šljunčane podloge. Na području Hrvatske kao autohtona vrsta nalazi se duž cijele obale Jadranskog mora. Najgušća naselja na Jadranu nalaze se u Novigradskom moru, Šibenskom zaljevu, Limskom kanalu, Malostonskom zaljevu i Pulskom zaljevu. Mediteranska dagnja je autohtona vrsta i na Sredozemlju (Slika 2.), Crnom moru i obalama istočnog Atlantskog oceana. *M. galloprovincialis* se polako širi prema sjeveru i zauzima teritorije na kojima se ranije nalazila samo vrsta *M. edulis* što se pripisuje globalnom zatopljenju (Beaumont i sur. 2007) i djelovanju antropogenih aktivnosti. Smatra se invazivnom vrstom jer zamjenjuje autohtone vrste školjkaša na područjima gdje obitava *M. edulis*. Kao invazivna vrsta unešena je putem balastnih voda, te obraštajem brodova i u vode južne Afrike, istočne i zapadne vode Sjeverne Amerike, te u vode sjeveroistoka Azije (Branch i Steffani 2004). Visoko je tolerantna vrsta i može podnijeti široki raspon okolišnih uvjeta.



Slika 2. Rasprostranjenost mediteranske dagnje u Sredozemnom moru (izvor: www.fao.org)

1.1.1 Bioidikatorski organizam

Meditranska dagnja ima dugu povijest kao bioindikatorska vrsta za određivanja stanja obalnog morskog okoliša (Varotto i sur. 2013). Zbog svojih karakteristika dagnje se smatraju jako dobrim bioindikatorskim organizmima i vrlo često su korišteni organizmi (Linardić 2014). Vrsta ima brojna obilježja snažnog kompetitora i oportunističke vrste kao što su brzi rast duž velikog raspona temperatura vode (Griffiths i sur. 1992), otpornost na isušivanje (Hockey i van Erkom Schurink 1992), parazite (Calvo–Ugarteburu i McQuaid 1998) i nanose pijeska (Zardi i sur. 2007), te veliki reproduktivni kapacitet. Zbog svog načina ishrane odnosno, filtriranja morske vode, dagnja, u sebi nakuplja razna zagađivala i toksine odražavajući prisutnost zagađivala u vodenom stupcu. Aktivnost enzima koji sudjeluju u biotransformacijama organskih spojeva u dagnjama je izuzetno niska i zbog toga se većina tih tvari ne metabolizira, već se akumulira u organizmu (Štefanko 2018). Uz to, dagnje su konstantno prisutne u okolišu, te se time omogućava ponavljanje uzorkovanja, samog mjerenja i istraživanje dugoročnih promjena u okolišu (biomonitoring). Sustavno praćenje morskog okoliša pomoću dagnji omogućava praćenje količine različitih toksičnih tvari u morskom okolišu dok još nije uspostavljena prilagodba organizma na nove uvjete, a te se iste tvari akumuliraju u tkivima dagnje (Smodlaka 2015).

Ujedno, zbog široke rasprostranjenosti i dostupnosti lako se pronalaze i prikupljaju. Još jedna prednost je što je njihov prijenos podosta jednostavan kao i održavanje u različitim uvjetima, a njihova dobra prilagodba na laboratorijske uvjete (Štefanko 2014) omogućava neometanu usporedbu zagađenih i nezagađenih područja.

1.2. Indeks kondicije

Indeks kondicije (IK) je postotak količine mesa koji zauzima prostor unutar ljuštura školjkaša. Praćenjem i analizom indeksa kondicije dagnji s raznih lokaliteta dobiva se orijentacijska slika o vrijednosti tih lokaliteta, odnosno o eventualnim ekološkim promjenama i zagađenjima unutar tih lokaliteta. Također daje uvid u stanje uzorkovanih organizama koje proizlazi iz njihovih fizioloških aktivnosti pod određenim okolišnim uvjetima (Pampanin i sur. 2005). Veličina indeksa kondicije ovisit će u prvom redu o veličini jedinke, sezoni spolnog ciklusa, prisutnosti fitoplanktonske hrane i o promjenama ekoloških čimbenika sredine (temperatura, salinitet, koncentracija otopljenog kisika). Također, prisutnost metala i organskih zagađivala utječe na rast dagnje i negativno je korelirana sa indeksom kondicije (Pampanin i sur. 2005). Ujedno indeks kondicije se može koristiti kao čimbenik koji može upozoriti na pogodnost nekog područja za uzgoj školjkaša i najpovoljnije vrijeme njihove konzumacije tijekom godine.

1.3. Morfometrijski odnosi

Morfometrija se odnosi na kvantitativnu analizu forme tj. koncepta koji obuhvaća veličinu i oblik. Primjenjuje se u mnogim znanstvenim poljima, a u biologiji se bavi proučavanjem tjelesnih mjera i oblika neke životinjske vrste. Tjelesne mjere karakteristične su za pojedinu vrstu i populaciju uz veće ili manje varijacije. Te varijacije ovise o različitim okolišnim uvjetima, genotipu, mutacijama i razvojnim promjenama u obliku. Analiziraju se duljina školjke, visina i duljina ljuštura, odnosno njihovi omjeri. Morfometrijska analiza je korisna i u isticanju potencijalnih adaptivnih razlika u morfologiji (Innes i Bates 1999).

1.4. Promjene u indeksu kondicije i morfometriji u školjkaša

U dagnji indeks kondicije varira ovisno o veličini jedinke, godišnjem dobu i lokalnim okolišnim uvjetima, a najviše o količini dostupne hrane i reproduktivnom ciklusu. Vrsta uspješno nastanjuje područja u obalnoj zoni, koja je pod velikim antropogenim utjecajem, utjecajem industrije, urbanih sredina i turizma, te zbog toga i sama može biti zagađena. Zagađenje je jedan od najvećih problema današnjice. Do zagađenja okoliša dolazi kada okoliš više ne može sam obraditi i neutralizirati štetne nusprodukte ljudskog djelovanja, te zagađivala utječu na promjene u organizmima koji obitavaju u morskom ekosustavu. Onečišćenje okoliša uzrokovano antropogeno primjerice teškim metalima, ispiranjem poljoprivrednih površina, balastnim vodama, prehrambenim otpadom, zagađivačima iz uzgoja stoke, hlapivim organskim spojevima utječe negativno i na indeks kondicije dagnje (Pampanin i sur. 2005). Na promjenu indeksa kondicije u dagnjama može utjecati i akvakultura (Bajnoci 2014). Glavni uzročnik promjena u indeksu kondicije dagnji u blizini akvakulture je pojava hipernutritifikacije u području uzgoja ili provođenje zootehničkih uzgojnih mjera odnosno nakupljanje viška nepojedene riblje hrane te nusproizvoda metabolizma uzgoja ribe (Bajnoci 2014). Morfologija školjkaša uvjetovana je genetskim i okolišnim čimbenicima (Burčul 2015). Na promjene u morfometriji školjkaša mogu utjecati gustoća populacije, izloženost valovima, dostupnost hrane (Seed 1968, Bruscia i sur. 2001). Pod utjecajem predatora školjkaši ulažu više energije u jačanje ljuštura (Valladares i sur. 2010).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

- 1) Analizirati indekse kondicije dagnji uzorkovanih na postajama u sjevernom Jadranu
- 2) Izračunati i usporediti morfometrijske odnose dagnji uzorkovanih na postajama u sjevernom Jadranu
- 3) Usporediti analizirane parametre u dagnji na različitim mjestima uzorkovanja s literaturom

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Uzorci dagnje (N=50, 10 uzoraka po istraživanoj postaji), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819, sakupljeni su u travnju 2013. godine na pet postaja u sjevernom Jadranu: (LIM) Limski zaljev, (TDR) Tvornica duhana Rovinj, (ACI) ACI Marina Rovinj, (VAL) Valdibora, (MIR) Mirna (Slika 3.).



Slika 3. Mjesta uzorkovanja dagnje *Mytilus galloprovincialis* u sjevernom Jadranu na postajama: Limski zaljev (LIM), Tvornica duhana Rovinj (TDR), ACI Marina Rovinj (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR) (izvor: www.google.hr/maps)

Kao kontrolna postaja uzet je Limski zaljev (45°08' S, 13°42' I) koji ima status zaštićenog područja te kao takav ima nisku razinu antropogenog zagađenja. Ujedno Limski kanal je neonečišćeno područje poznato kao jedno od tri najvažnija uzgajališta školjkaša u Republici Hrvatskoj. TDR (45°04' S, 13°38' I) je područje na kojem je nekada utjecaj na vode imala stara tvornica duhana Rovinj. Danas na tom području su vezane brojne brodice što također doprinosi onečišćenju. Postaja ACI Marina Rovinj (45°04' S, 13°38' I) je dio urbaniziranog područja, te je pod utjecajem turističkih i ribarskih brodova, te otpadnih kanalizacijskih voda. Postaja Valdibora (45°05' S, 13°38' I) je srednje onečišćeno područje zbog povremenog dolaska i pristaništa brodova, otpadnih voda koje dolaze iz tvornice prerade ribe Mirna. Na postaju Mirna (45°05' S, 13°38' I) utjecaj imaju otpadne vode iz tvornice za preradu ribe.

3.2. Uzorkovanje školjkaša

Po deset jedinki dagnji po istraživanoj postaji uzorkovane su iz prirodnih staništa. Dagnje su sakupljane s obale, pomoću metalnog grabila. Jedinke su nakon uzorkovanja, u spremnicima s morskom vodom, prenesene u laboratorij gdje su unutar jednog sata izmjereni parametri potrebni za izračunavanje morfometrijskih odnosa i indeksa kondicije. U laboratoriju su jedinke sortirane u 5 različitih skupina, prema postajama.

3.3. Indeks kondicije

Na početku mjerenja ljušture jedinki dagnji detaljno su očišćene od obraštajnih organizama kako bi se uklonio njihov utjecaj na masu ljušture, tj. na konačnu vrijednost indeksa kondicije. Uz pomoć digitalne vage (preciznosti 0,001g) najprije je određena masa zatvorenih dagnji (unutar kojih još ima zaostataka morske vode). Dagnje su potom otvarane tako što im je prerezan mišićni aduktor, te izvagane bez morske vode. Meso svježih dagnji se potom odvajalo od ljušture te stavljalo na prethodno izvagan komad folije. Nakon odvajanja uzorci su ostavljeni na papirnatim ručnicima kako bi se međuljušturna tekućina ocijedila, a meso i ljušture prosušile. Nakon sušenja, ljušture i meso su zasebno izvagani, a rezultati svih navedenih mjerenja su uneseni u tablice.

Nakon obrade uzoraka pristupilo se izračunavanju indeksa kondicije i to prema sljedećoj formuli:

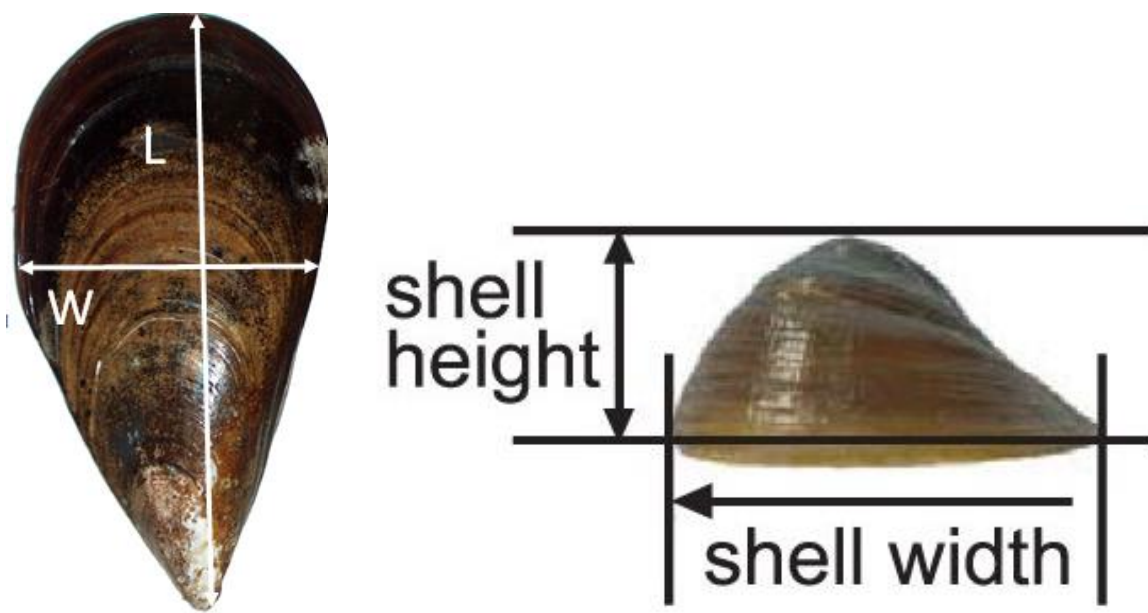
$$IK = \text{masa mokrog tkiva (g)} \times 100 / \text{ukupna masa školjkaša (g)}$$

3.4. Morfometrijski odnosi

Prije otvaranja samih dagnji i određivanja indeksa kondicije odrađena su morfometrijska mjerenja. Digitalnom pomičnom mjerkom (preciznost 0,01mm) izmjerili smo visinu (H), dužinu (L) i širinu (W) ljuštare dagnji. Dužina (L) je maksimalna udaljenost između anteriorne i posteriorne osi. Širina (W) označava maksimalna lateralnu os. Visina (H) predstavlja maksimalna udaljenost dorso-ventralne osi. Dobiveni rezultati korišteni su za izračunavanje morfometrijskih omjera W/L, H/L i H/W kako bi se utvrdila povezanost morfoloških obilježja i indeksa kondicije u ovisnosti o okolišu u kojem su jedinke izlagane.



Slika 4. Mjerenje dužine ljuštare digitalnom pomičnom mjerkom



Slika 5. Morfološka mjerenja *Mytilus galloprovincialis* L = dužina, W = širina, H = visina

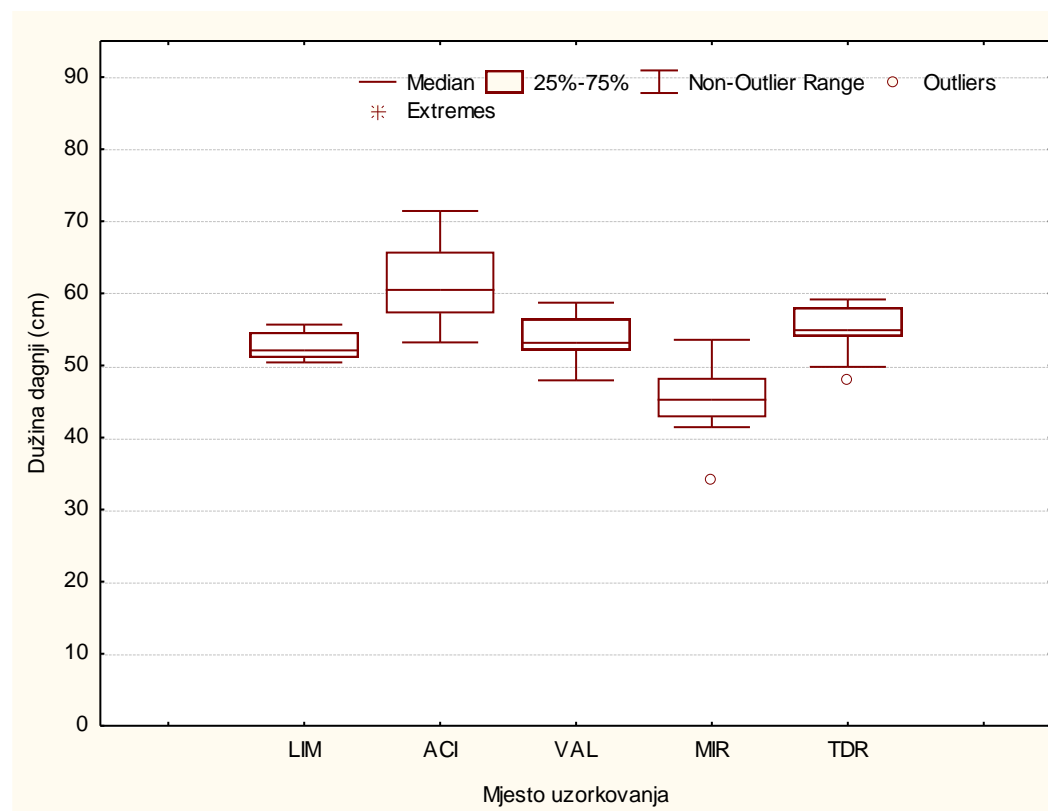
3.5. Prikaz rezultata i statistička obrada podataka

Za statističku analizu i grafičke prikaze korišten je program Statistica 9.0. Statističke usporedbe promatranih parametara izračunate su korištenjem metode analize varijance ANOVA, a potom Post Hoch Tuckey testom. Utvrđivana je statistička razlika među podacima dobivenim uzorkovanjem, s intervalom pouzdanosti od 95%. Za uređivanje i obradu slika korišten je program Paint (Windows 7). Rezultati su prikazani u box plot dijagramima.

4. REZULTATI

4.2. Morfometrijski odnosi u dagnji

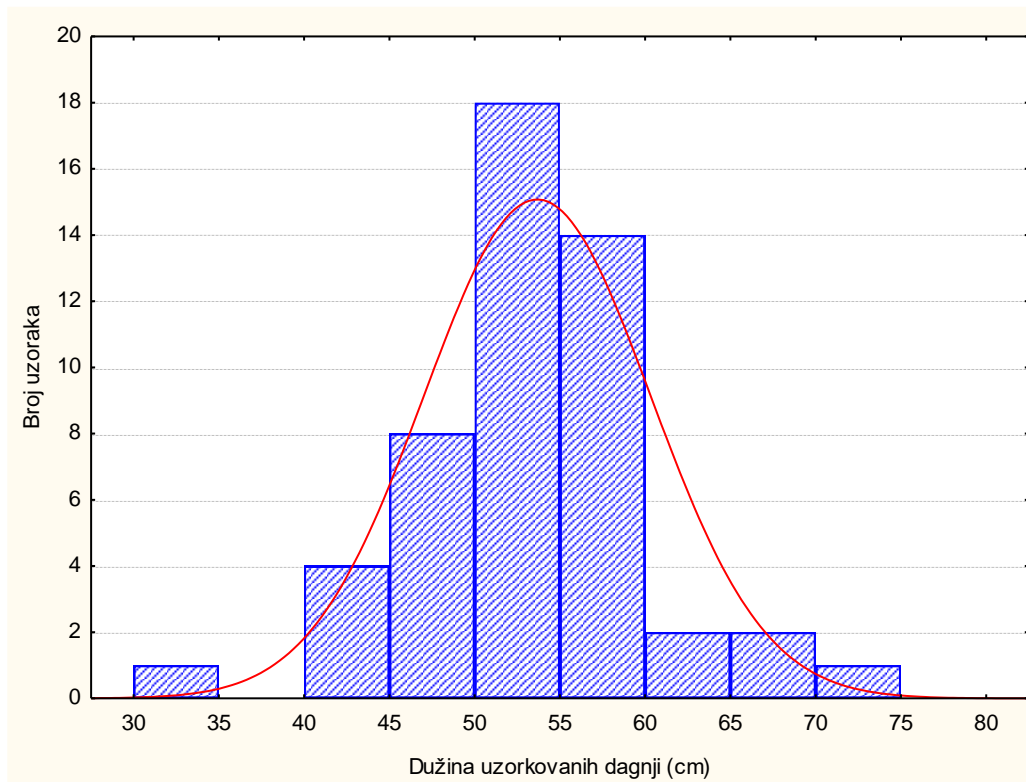
U ovom radu uspoređivani su indeks kondicije i morfometrijski odnosi dagnji uzorkovanih s 5 postaja. Studija je provedena kako bi se utvrdile razlike promatranih parametara među postajama, te kako bi se utvrdilo imaju li postaje utjecaj na promatrane parametre.



Slika 6. Prikaz dužine uzorkovanih dagnji (u mm) na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

Rezultati dobiveni mjerenjem morfometrijskih obilježja digitalnom pomičnom mjerkom su pokazali da je najmanja dužina uzorkovanih dagnji na postaji Mirna (MIR). Prema medijanu najveća izmjerena dužina ljuštore bila je na postaji ACI Marina (ACI) u odnosu na ostale postaje.

Na postajama Limski kanal (LIM), Valdibora (VAL), te tvornica duhana Rovinj (TDR) dagnje su bile približnih dužina ljuštore. Te vrijednosti prikazane su na slici Slika 6.



Slika 7. Histogram dužine uzorkovanih dagnji na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

Najveći broj uzorkovanih dagnji imao je dužinu ljuštore u rasponu od 50-55 mm. Najveća dužina ljuštore uzorkovanih dagnji bila je 75 mm, dok je najmanja dužina ljuštore bila 30 mm, što je prikazano na slici Slika7. Slika 7 prikazuje i normalnu distribuciju podataka, što je dokazano i izračunavanjem Leaven testa $p > 0,05$. Najveća statistički značajna razlika u dužinama ljuštura dagnji pronađena je između postaja ACI i MIR, a zatim između postaja LIM i ACI, te VAL i MIR. Najmanje statistički značajne razlike u dužinama ljuštura, odnosno najveću sličnost dužine

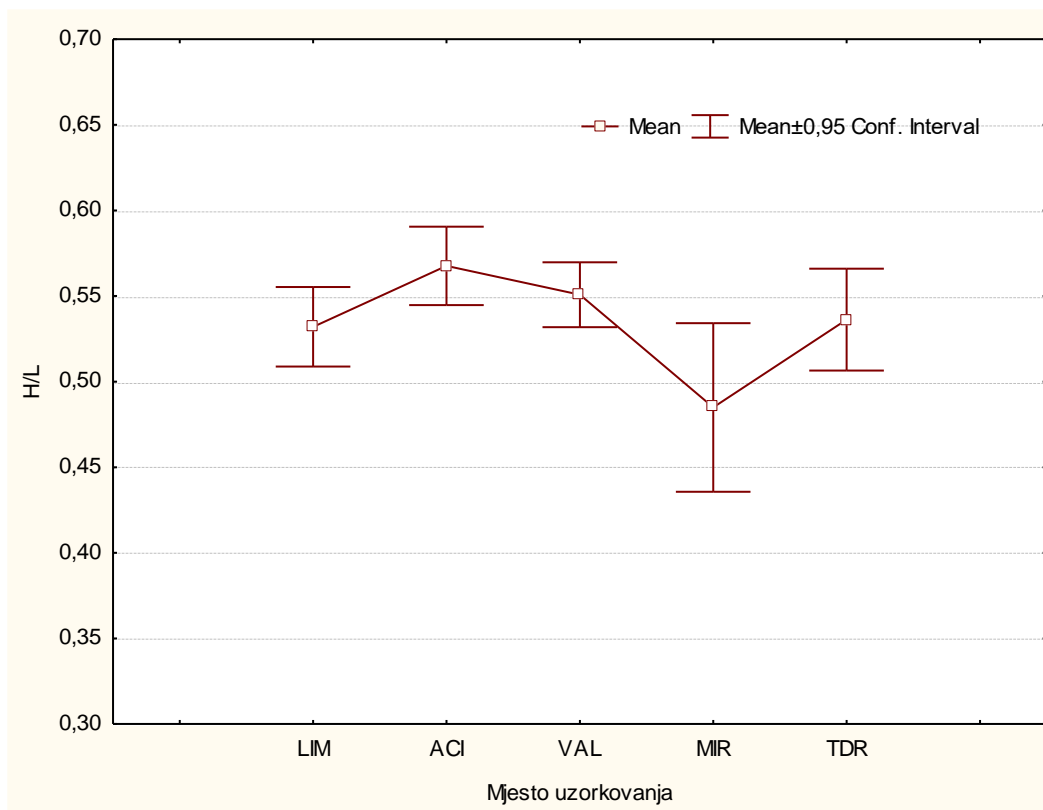
ljuštura među postajama pokazale su postaje LIM i VAL te VAL i TDR. Ti rezultati su vidljivi u Tablici 1.

Tablica 1 . Statistička usporedba dužine uzorkovanih dagnji (cm) na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu izračunana analizom varijance ANOVA ($F=19,611$, $df=4$, $p<0,001$), a potom Post Hoch Tuckey testom ($MS=17,374$; $df=45$)

Mjesto uzorkovanja	ACI	VAL	MIR	TDR
LIM	0,00035	0,98291	0,00200	0,75317
ACI		0,00124	0,00013	0,00808
VAL			0,000476	0,96411
MIR				0,11118

Najmanji odnos visine/dužine (H/L) pokazale su dagnje sa postaje MIR. Dagnje sa postaje ACI imale su najveći omjer visine/dužine (H/L) u odnosu na dagnje uzorkovane sa ostalih postaja. H/L omjer dagnji s postaje VAL bio je nešto manji nego kod onih sa postaje ACI. Na postajama LIM i TDR dagnje su imale gotovo pa jednake omjere H/L. Morfometrijski odnosi visine/dužine (H/L) dagnji po postajama prikazani su na slici Slika 8.

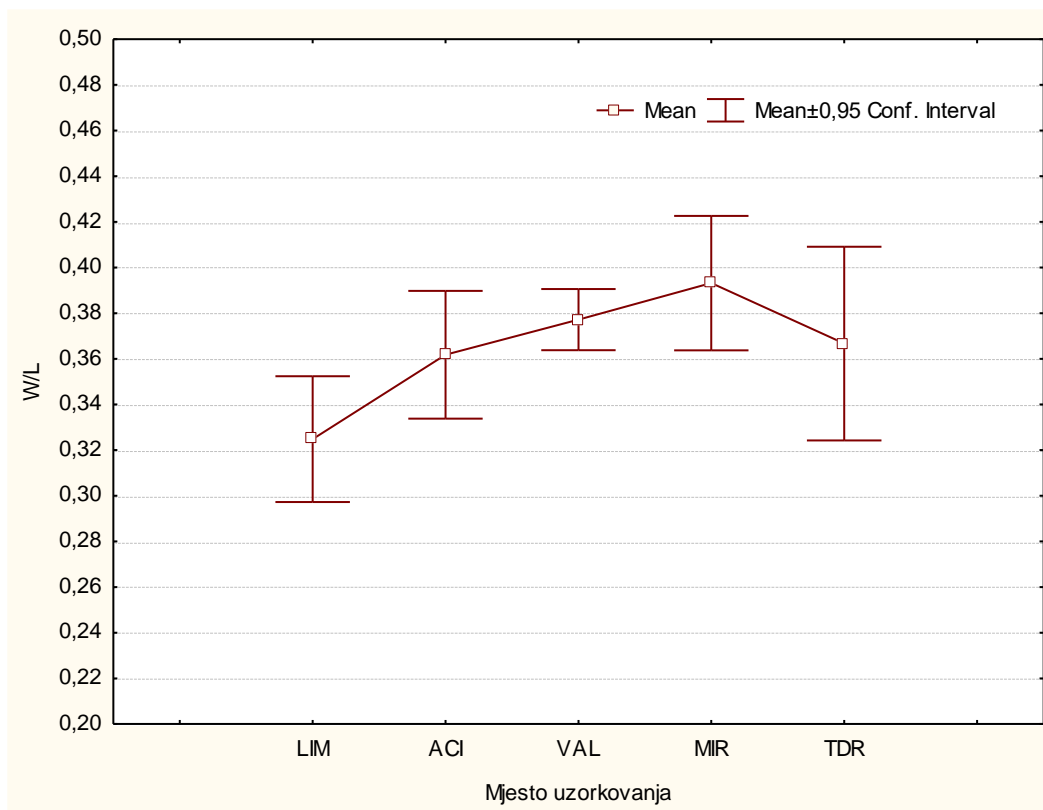
Najveća statistički značajna razlika u omjeru visine/dužine (H/L) dagnji pronađena je između postaja ACI i MIR, a zatim između postaja VAL i MIR. Najmanje statistički značajne razlike u omjeru visine/dužine (H/L) među postajama pokazale su postaje VAL i TDR te ACI i VAL. Između postaja TDR i LIM, gotovo da nisu pronađene nikakve statistički značajne razlike što je vidljivo iz Tablice 2.



Slika 8. Morfometrijski odnos H/L uzorkovanih dagnji na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

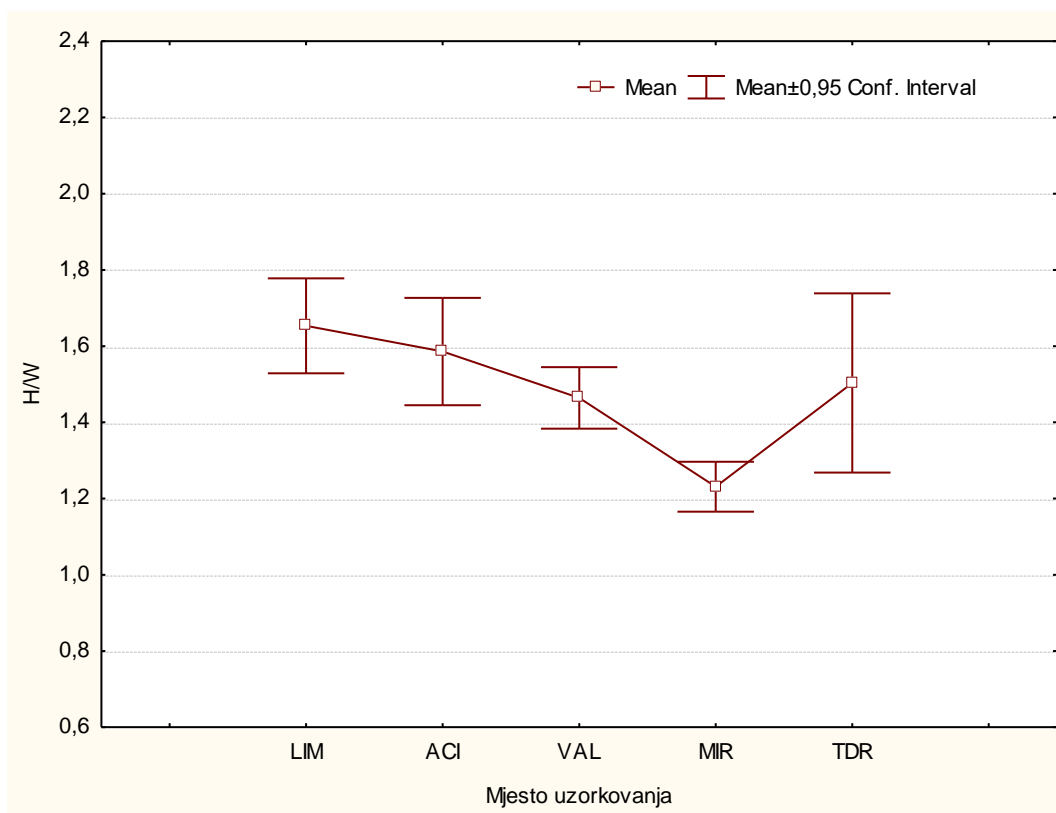
Tablica 2. Statistička usporedba omjera H/L uzorkovanih dagnji (cm) na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu izračunana analizom varijance ANOVA ($F=5,173$, $df=4$, $p=0,001$), a potom Post Hoch Tuckey testom ($MS=0,001$; $df=45$)

Mjesto uzorkovanja	ACI	VAL	MIR	TDR
LIM	0,35854	0,864346	0,121528	0,999515
ACI		0,90507	0,00095	0,48629
VAL			0,011148	0,94151
MIR				0,07524



Slika 9. Morfometrijski odnos W/L uzorkovanih dagnji na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

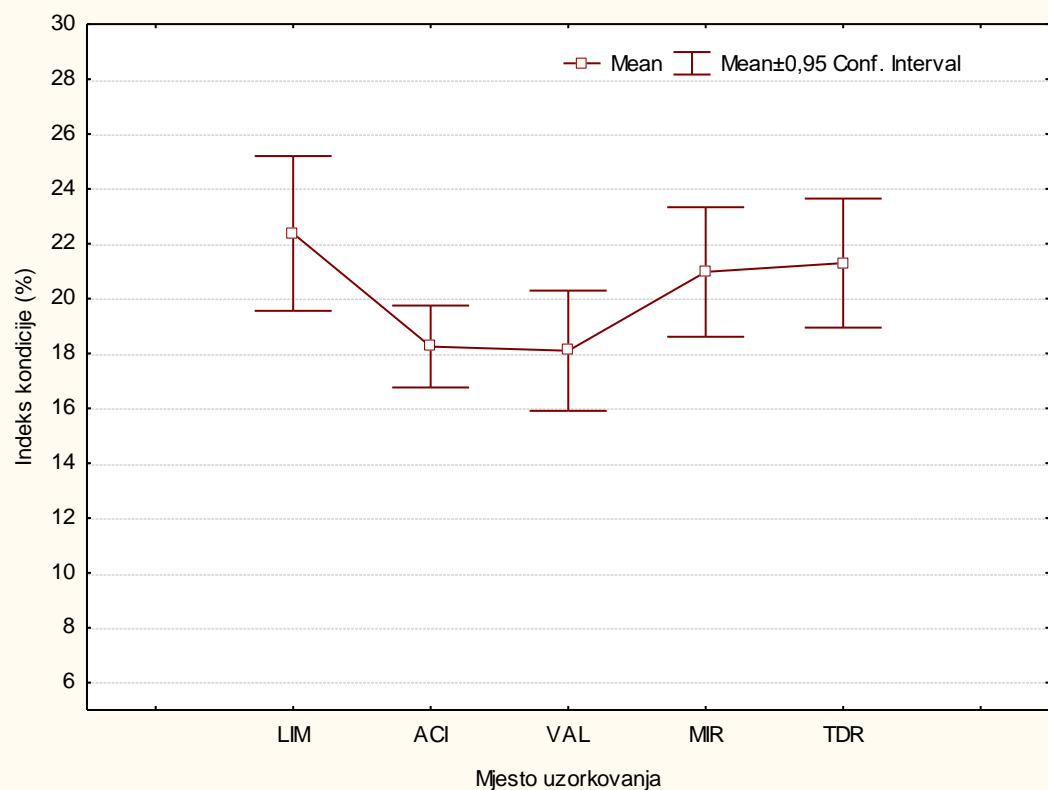
Najveći omjer širine/dužine (W/L) pokazale su dagnje sa postaje MIR, a najmanji dagnje sa postaje LIM. Postaje ACI i TDR pokazale su slične omjere W/L dagnji (Slika 9.). Kada se pogledaju morfometrijski odnos visine/širine (H/W) vidljivo je da najveći odnos H/W imaju dagnje sa postaje LIM, zatim slijedi postaja ACI. Najmanji omjer H/W imaju dagnje sa postaje MIR. Rezultati su prikazani grafički (Slika 10.).



Slika 10. Morfometrijski odnos H/W uzorkovanih dagnji na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

4.3. Usporedba indeksa kondicije dagnji

Najveći indeks kondicije (IK) imaju dagnje prikupljene na postaji LIM. Rezultati su pokazali da dagnje prikupljene na postajama ACI i VAL su dagnje sa najmanjim IK (Slika 11.). Najveću statistički značajnu sličnost u IK imale su dagnje sa postaja ACI i VAL, razlike u IK među tim postajama gotovo da ni nema. To je također vidljivo i kod dagnji sa postaja TDR i MIR. Najveća statistički značajna razlika u IK je uočena među postajama LIM i VAL. Kod dagnji sa postaja LIM i ACI razlika u IK je malo manja nego kod postaja LIM i VAL no i dalje je statistički značajna. Statistička usporedba indeksa kondicije dagnji prikazana je u Tablici 3.



Slika 11. Indeks kondicije uzorkovanih dagnji na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu

Tablica 3. Statistička usporedba indeksa kondicije dagnji (cm) na postajama: Limski kanal (LIM), ACI Marina (ACI), Valdibora (VAL), Mirna (MIR), tvornica duhana Rovinj (TDR) u sjevernom Jadranu izračunana analizom varijance ANOVA ($F=3,613$, $df=4$, $p=0,012$), a potom Post Hoch Tuckey testom ($MS=10,193$; $df=45$)

Mjesto uzorkovanja	ACI	VAL	MIR	TDR
LIM	0,04479	0,034365	0,86091	0,94153
ACI		0,999972	0,33049	0,22520
VAL			0,27773	0,18467
MIR				0,99944

5. RASPRAVA

Odnos indeksa kondicije i dužine se razlikuje po postajama ukazujući utjecaj lokalnih uvjeta. Usporedba dužine ljuštura utvrđivana je u odnosu na kontrolnu postaju LIM koja je uzgajalište i ima najoptimalnije uvjete za pravilan razvoj dagnji. Hickman (1979) navodi da morfometrijske karakteristike mogu biti pod utjecajem starosti. Što su dagnje starije s povećanjem dužine ljuštura smanjuje im se indeks kondicije (Hickman 1979). Dužina ljuštura jedinki s obzirom na drastična odstupanja postaja ACI I MIR mogu biti starosno uvjetovana, no u ovome radu ta obilježja nisu promatrana. Seed (1968) je utvrdio da su dagnje s obala zaštićenih od valova bile više od dagnji s obala koje su izložene valovima. Takva adaptacija može biti rezultat toga što dagnje izložene valovima smanjenjem visine pokušavaju smanjiti utjecaj hidrodinamičke sile. To je jedan od mogućih razloga male visine koju smo zabilježili kod dagnji sa postaje MIR, odnosno najveće visine zabilježene kod dagnji sa postaje ACI.

Uzorkovane dagnje su pokazale razlike u morfološkim odnosima među postajama što ukazuje na morfološku plastičnost dagnji. Kao sesilni organizmi školjkaši ovise o kombinaciji utjecaja mnogo različitih čimbenika (Gosling 1992), te se odlikuju visokom morfološkom plastičnošću, što je odgovor na varijacije lokalnih uvjeta okoliša (Cubillo i sur. 2012). Morfološka plastičnost je strategija za ublažavanje posljedica intraspecijske kompeticije na individualnoj razini (Brown i sur. 1976, Cubillo i sur. 2012). Ovakva morfološka promjena nudi prednosti u gustim kolonijama dopuštajući dagnjama rastu duže vrijeme prije nego što budu pojedene od predatora (Lauzonguay i sur. 2005). Okambura (1986) kao ograničavajući faktor unutar-specifičnih mehanizma natjecanja za stanište također navodi fizička prostorna ograničenja. Praćenje promjena u morfometrijskim odnosima je posebice korisno ukoliko su ti odnosi promatrane vrste već poznati. Prilikom mjerenja dužine utvrđeno je da neke dagnje imaju dužinu ljuštura koja je ispod prosjeka uobičajenog za tu vrstu. Gustoća populacije mijenja oblik ljuštura dagnji kroz kompeticiju za hranom (Seed 1968). Bruscia i sur. (2001) također su u svojem istraživanju pokazali da je odnos širine i duljine te širine i visine povezan s hranom i gustoćom populacije pri čemu su dagnje u gustim zajednicama i sa slabijom dostupnošću hrane bile užje (Alunno- Bruscia i sur. 2001).

Kako navode Camacho i sur. (1995) indeks kondicije dagnji je uz to što je indikator zdravlja dagnje i indeks rasta. Nekoliko autora dokumentiralo je blisku vezu između učinkovitosti rasta dagnji i dostupnosti hrane, što ukazuje na to da je učinkovitost rasta ograničena energetske potencijalnom dostupne hrane (Alunno-Bruscia i sur. 2001; Lauzon-guay i sur. 2005). Najmanje indekse kondicije imale su dagnje sa postaja ACI I VAL uz koje su vezane ljudske aktivnosti kao što su pomorski promet i otpust otpadnih voda, pa je količina prisutnih zagađivala veća na tim postajama (Fiorentin 2016). Veća koncentracija protuobraštajnih sredstava zbog prisutnosti jahti i ribarskih brodova na tim lokacijama mogla bi se odražavati negativno na populaciju dagnji. No zbog različitih ekoloških uvjeta na lokacijama, izloženost valovima (Seed 1968), razlikuju se u dužinama ljuštura. Abiotički čimbenici okoliša koji uključuju temperaturu vode i salinitet također utječu na stopu rasta jer mogu utjecati na brzinu biokemijskih reakcija u organizmima (Kovačić i sur. 2017).

Povećanje temperature mora tijekom proljeća do ljetne sezone, nakon čega slijedi smanjenje saliniteta odgovara porastu biomase planktona i obogaćivanja hranjivih tvari izlivom slatke vode u kontrolnoj postaji u Limskom zaljevu (Hamer i sur. 2010). Limski zaljev je umjereno eutrofno područje dok u usporedbi s njim, druge obalne vode Jadrana uglavnom su oligotrofne. Stoga, ne čudi što su i u našim rezultatima dagnje sa postaje LIM imale najviše vrijednosti indeksa kondicije.

Na promjenu kod omjera tijela i ljuštura jedinki također mogu utjecati i predatori. Valladares i suradnici (2010) objašnjavaju da native populacije školjkaša koje se suočavaju s većim pritiskom predatora obično izdvajaju manje energije na somatski rast. Takve jedinke veći dio energije ulažu u jačanje ljuštura. Razlike u raspodjeli resursa između tijela i ljuštura se pripisuju razlikama u staništu (Rao 1953, Seed 1973, Brown i Seed 1977) ili varijacijama u uvjetima okoliša, kao što su dostupnost hrane, stupanj zagađenja, temperatura vode, slanost i izloženost valovima (Raubenheimer i Cook 1990, Akester i Martel 1999).

Razumijevanje morfometrijskih odnosa ljuštura i mekog tkiva, odnosno indeksa kondicije je ključno kako bi se razumjele razlike među populacijama. Rezultati ovog istraživanja, posebice ako pogledamo dagnje s postaje ACI potvrđuju tu tvrdnju. Zagađenost postaja utječe na indeks

kondicije dagnji no ne i na morfologiju istih. Na morfologiju vise utječu područja uzorkovanja odnosno zaštićenost od valova i pristupačnost prostora u kojemu se mogu razvijati.

6. ZAKLJUČAK

- 1) Dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) su dobar indikator je promjena u okolišu do kojih može doći zbog utjecaja raznih zagađivala poglavito nepoznatih, čiji se utjecaj reflektira na indeks kondicije i morfometrijske karakteristike
- 2) Praćenjem promjena u morfometrijskim odnosima i indeksu kondicije dagnji mogu se ustanoviti promjene u okolišu, no za veće razumijevanje potrebno je uzeti i neke dodatne parametre poput temperature, saliniteta ili starosti.
- 3) Najveću dužinu ljuštore pokazale su dagnje sa postaje ACI, no one su također imale i najmanji postotak IK zbog onečišćenosti tog područja i antropogenog utjecaja.
- 4) Ustanovljeno da ima razlika među postajama. Područja uzorkovanja utjecala su na morfološke odnose dagnji, a na indeks kondicije je utjecala zagađenost postaja.

7. SAŽETAK

Indeks kondicije (IK) je čimbenik koji ukazuje na fiziološke i bioenergetske promjene u organizmu na nekom području. Morfološka obilježja organizama ukazuju na prilagođenost području gdje obitavaju, te u kakvoj zajednici žive. U ovom radu uzorkovane su Mediteranske dagnje *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1891 na pet postaja: Limski zaljev, tvornica duhana Rovinj, ACI Marina Rovinj, Valdibora i Mirna u travnju 2013 godine. Postaje su odabrane prema različitom stupnju onečišćenja. Izmjereni su morfometrijski parametri, izračunati morfometrijski odnosi i indeks kondicije (IK) dagnji s promatраних postaja. Rezultati pokazuju da dagnje s postaje ACI Marina Rovinj imaju najniži indeks kondicije, a slijedi ju postaja Valdibora, Mirna, Tvornica duhana Rovinj, te naposljetku Limski kanal što odgovara i stupnju onečišćenja postaja sve do referentne postaje.. Limski kanal je uzet kao kontrolna postaja s najmanjim onečišćenjem, te su posljedično dagnje s tog područja imale najveći IK i dužinu ljuštura. Najniži morfometrijski odnosi visine/širine i dužine/visine, te najveći širine/dužine u školjkašima uzorkovani kod Mirne ukazuju na stanište pod većim utjecajem valova te formiranja gustih kolonija, kada usporedimo s ostalim postajama. Izmjereni parametri pokazuju prilagodbu organizma na stanje u okolišu, kao i utjecaj drugih organizama, pa tako i čovjeka.

Ključne riječi: *Mytilus galloprovincialis*, dagnja, indeks kondicije, morfometrijski odnosi

8. ABSTRACT

The condition Index (CI) is a factor related to physiological and bioenergy changes in the organism in a specific area. Morphological ratios of organisms point to the area characterization and in what community they live in. In this study, Mediterranean mussels *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1891 were sampled at five stations: Lim Bay, Tobacco Factory Rovinj, ACI Marina Rovinj, Valdibora and Mirna in April 2013. The sampling stations were selected towards different degrees of pollution. Morphometric parameters were measured, morphometric ratios and condition indices were calculated in mussels collected from the observed sampling stations. The results show that mussels from the ACI Marina Rovinj had the lowest condition index, followed by Valdibora, Mirna, Tobacco Factory Rovinj and finally the Lim Bay which was proportional to the level of pollution. Lim Bay was taken as a control station with the lowest pollution, and consequently, the mussels from this area had the largest IC and the length of the shell. The lowest height/width and length/height ratios, as well as the greatest width/length in mussels sampled at Mirna station, indicate the habitat under the influence of stronger waves and of the dense colonies when compared to other stations. Measured parameters showed the organism's adaptation to the environment, as well as the influence of other organisms, as well as human impact.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, mussel, condition index, morphometric ratios

9. LITERATURA

Akester R.J., Martel A.L.; (1999) Shell shape, dysodont tooth morphology, and hinge-ligament thickness in the bay mussel *Mytilus trossulus* correlate with wave exposure. *Canadian Journal of Zoology* 78:240–253.

Alunno-Bruscia, M.; Bourget, E.; Fréchette, M.; (2001) Shell allometry and length-mass-density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Journal Marine Ecology Progress Series* 219: 177–188.

Bajnoci, A.; (2014) Učinci organskog unosa kaveznim uzgojem ribe na kondiciju dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u Bistrini. Diplomski rad

Bayne, B.L.; (1976) Marine mussels: their ecology and physiology. Institute for Marine Environmental Research 121-159.

Beaumont, A.; Gjedrem, T.; Moran, P.; (2007) Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations: Blue mussel – *Mytilus edulis* Mediterranean mussel *M. galloprovincialis*. Genimpact final scientific report 62-69.

Branch, G.M.; Steffani, N.C.; (2004) Can we predict the effects of alien species? A case-history of the invasion of South Africa by *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 300; 189– 215.

Brown, R.; Seed, R.; O'Connor, R.; (1976) A comparison of relative growth in *Cerastoderma* (= *Cardium*) edule, *Modiolus modiolus*, and *Mytilus edulis* (Mollusca: Bivalvia). *Journal of Zoology* 179: 297-315.

Brown R.A.; Seed R.; (1977) *Modiolus modiolus* — an autecological study. In: Keegan BF, O'Ceidigh P, Boaden PJS (eds) *Proc 11th Eur Marine Biology Symposium*, Pergamon Press, Oxford p 93–100.

Calvo–Ugarteburu, G.; McQuaid, C.D.; (1998) Parasitism and invasive species: effects of digenetic trematode on mussels. *Marine Ecology Progress Series* 169: 149–163.

Camacho, A.P.; Labarta, U.; Beiras, R.; (1995) Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. *Aquaculture* 138: 349-362.

Ceccherelli V.U.; Rossi R.; (1984) Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Ecology Progress Series* 16: 173-184.

Cubillo, A.M.; Peteiro, L.G.; Fernandez-Reiriz, M.J.; Labarta, U.; (2012) Density –dependent effects on morphological plasticity of *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Journal Aquaculture* 246–252.

Cubillo, A.M.; Peteiro, L.G.; Fernandez-Reiriz, M.J.; Labarta, U.; (2012) Influence of stocking density on growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in suspended culture. *Aquaculture* 342–343: 103-111.

Fiorentin, C.; (2016) Ovisnost odgovora biomarkera o morfološkim karaktristikama bioindikatora (*Mytilus galloprovincialis*) kvalitete mora. Završni rad

Gosling, E.M.; (1992) Systematics and geographic distribution of *Mytilus*. In: Gosling, E. M. (ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture Developments in Aquaculture and Fisheries*. Elsevier, Amsterdam 1–20 pp.

Griffiths, C.L.; Hockey, P.A.R.; van Erkom Schurink, C.; Le Roux P.J.; (1992) Marine invasive aliens on South African shores: Implications for community structure and trophic functioning. *South African Journal of Marine Science* 12, 713–722.

Hamer, B.; Medaković, D.; Pavičić- Hamer, D.; Jakšić, Ž.; Štifanić, M.; Nerlović, V.; Travizi, A.; Precali, R.; Kanduč. T.; (2010) Estimation of freshwater influx along the eastern Adriatic coast as a possible source of stress for marine organisms. *Acta Adriatica* 51: 191- 194.

Hickman, R.W.; (1979) Allometry and growth of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand. *Marine Biology* 51;311-328.

Hockey, C.L.; van Erkom Schurink, C.; (1992) The invasive biology of the mussel *Mytilus galloprovincialis* on the southern African coast. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 48:123–139.

Innes, D.J.; Bates, J.A.; (1999) Morphological variation of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus* in eastern Newfoundland. *Marine Biology* 133:691–699.

Kovačić, I.; Pavičić-Hamer, D.; Kanduč, T.; Hamer, B.; (2017) Adaptation of cultured mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from the northern Adriatic Sea to nearby aquaculture sites and translocation. *Acta Adriatica* 52, 2; 285-296.

Lauzon - Guay, J.S.; Hamilton, D.J.; Barbeau, M.A.; (2005) Effect of mussel density and size on the morphology of blue mussels (*Mytilus edulis*) grown in suspended culture in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture* 249:265-274.

Linardić, M.; (2014) Procjena prilagodbe dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) na genotoksični stres. Završni rad

Marušić, N.; Vidaček, S.; Medić, H.; Petrak, T.; (2009) Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u uvali Budava i u zaljevu Raša. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo* 67 3; 91-99.

Okamura, B.; (1986) Group living and the effects of spatial position in aggregations of *Mytilus edulis*. *Oecologia* 69:341-347.

Pampanin, D.M.; Volpato, E.; Marangon, I.; Nasci, C.; (2005) Physiological measurements from native and transplanted mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in the canals of Venice. Survival in air and condition index. *Comparative Biochemistry and Physiology* 140:41-52.

Pavičić-Hamer, D.; Kovačić, I.; Koščica, L.; Hamer, B.; (2016) Physiological indices of maricultured mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 in Istria, Croatia: seasonal and transplantation effect. *Journal of the World Aquaculture Society* 47, 6; 768-778.

Rao, K.P.; (1953) Shell weight as a function of intertidal height in a littoral population of pelecypods. *Experientia* 9:465–466.

Raubenheimer, D.; Cook, P.; (1990) Effects of exposure to wave action on allocation of resources to shell and meat growth by the subtidal mussel, *Mytilus californianus*. *Journal of Shellfish Research* 9:87–93.

- Seed, R.; (1968) Factors influencing shell shape in the mussel *Mytilus edulis*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 48:561–584.
- Seed, R.; (1973) Absolute and allometric growth in the mussel, *Mytilus edulis* L. (Mollusca Bivalvia). Proceedings of the Malacological Society of London 40:343–357.
- Smodlaka, M.; (2015) DNA repair capacity in natural mussel *Mytilus galloprovincialis* population. Doktorska disertacija
- Štefanko, K.; (2018) Određivanje stabilnosti lizisomalnih membrana u probavnim žlijezdama dagnji *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. uzorkovanih u Sjevernom Jadranu. Završni rad
- Valladares, A.; Manríquez, G.; Suárez–Isla, B. A.; (2010) Shell shape variation in populations of *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) from southern Chile: a geometric morphometric approach. Marine Biology 157:2731–2738.
- Varotto, L.; Domeneghetti, S.; Rosani, U.; Manfrin, C.; Cajaraville, M.P.; Raccanelli, S.; Pallavicini, A.; Venier, P.; (2013) DNA Damage and Transcriptional Changes in the Gills of *Mytilus galloprovincialis* Exposed to Nanomolar Doses of Combined Metal Salts (Cd, Cu, Hg). PloS One.
- Zardi, G.I.; McQuaid, C.D.; Nicastro, K.R.; (2007) Balancing survival and reproduction: seasonality of wave action, attachment strength and reproductive output in indigenous *Perna perna* and invasive *Mytilus galloprovincialis* mussels. Marine Ecology Progress Series 334:155–163.

